

# **UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTTOYA**

Facultad de Ingeniería y Gestión



## **PROPUESTA DE MEJORA DEL PLAN DEL MANTENIMIENTO PROACTIVO DEL ÁREA SECA C2 EN SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE**

Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en  
Ingeniería Industrial

**ADAN WILBER AMBROCIO PURACA**

**CESAR HUGO HUAMANI FONSECA**

Asesor: José Javier Zabala Fernández

**Octubre del 2018**

## **DEDICATORIA**

*Dedicamos este trabajo de investigación a nuestros Padres, a nuestros profesores que,  
con paciencia, apoyo constante e incondicional no hubiésemos logrado alcanzar terminar  
este trabajo de investigación*

## **AGRADECIMIENTO**

Mi entera gratitud a Dios, a nuestras familias, a nuestros padres que siempre nos apoyan, también a nuestros profesores, a la vida por cada instante en esta tierra; que nos permiten ser cada día ser mejores y hacer un bien a la sociedad.

## RESUMEN

En la presente propuesta de mejora se ha evaluado la situación actual de la empresa Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. (SMCV), está enfocado al área de mantenimiento, la que se encarga que la producción trabaje las 24 horas y los 365 días del año, el objetivo de esta tesis es mejorar el mantenimiento proactivo del Área seca C2, donde se operan los equipos de chancado y fajas transportadoras.

Para mantener una producción constante y para darle a la planta la máxima eficiencia se necesita tener una buena disponibilidad de planta; actualmente se tiene una disponibilidad de 92.46%; para aumentar la disponibilidad se tendrá que implementar el área de proactivo mejoras y cambios, con finalidad de disminuir las paradas de planta no programadas.

En este trabajo se identifica la oportunidad de mejorar el mantenimiento proactivo, se disminuirá las fallas de equipos inesperadas, además, se tendrá implementada el área de predictivo y también la adquisición de nuevos equipos de monitoreo, esta mejora se aumentaría la disponibilidad de planta en un 0.45% que equivale aproximadamente a 7 millones de dólares.

**Palabra clave:** (Díaz, 2014) Afirma “ Mantenimiento Proactivo, este tipo de mantenimiento es funciona constante en el tiempo, aunque la maquinaria no esté funcionando” (pág. 388)

## **ABSTRACT**

The current situation of the company Sociedad Minera Cerro Verde Verde S.A.A. (SMCV) has been evaluated in this improvement proposal, is focused on the maintenance area, which is responsible for the production work 24 hours and 365 days a year, the objective of this thesis is to improve the proactive maintenance of the Dry Area C2, where the equipment is operated crushing and conveyor belts.

To maintain a constant production and to give the plant maximum efficiency it is necessary to have a good plant availability; currently there is an availability of 92.46%; to increase availability, the area of proactive improvements and changes will have to be implemented, in order to reduce unscheduled plant shutdowns.

In this work, the opportunity to improve proactive maintenance is identified, unexpected equipment failures will be reduced, in addition, the predictive area will be implemented and also the acquisition of new monitoring equipment, this improvement would increase plant availability in a 0.45% equivalent to approximately 7 million dollars.

Keyword: (Diaz, 2014) Proactive Maintenance, is a technique focused on the identification and correction of the causes that cause equipment failures. (pág. 388)

## TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO .....	15
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2 Formulación de interrogativa del problema.....	16
1.3 Justificación de la investigación.....	16
1.4 Delimitación de la investigación.....	16
1.5 Objetivos.....	17
1.5.1 Objetivo general.....	17
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
1.6 Hipótesis y variable.....	18
1.6.1 Hipótesis.....	18
1.6.2 Variables.....	18
1.6.3 Variable independiente.....	18
1.6.4 Variable dependiente.....	19
1.7 Metodología.....	19
1.7.1 Tipo de investigación.....	20
1.7.2 Población y muestra.....	20
1.7.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
1.7.4 Análisis y discusión de resultados .....	21

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	22
2.1 Antecedentes.....	22
2.2 Conceptos y principios básicos.....	23
2.2.1 Mantenimiento y diagrama de flujo operacional.....	24
2.2.2 Tipos de mantenimientos.....	26
2.2.3 Problemas mecánicos en maquinarias rotativas identificados por el equipo analizador de vibración.....	27
2.2.4 Fundamentos teóricos del mantenimiento y operación .....	28
2.2.5 Fundamentos de prácticas sobre la operación de mantenimiento de la Chancadora y fajas transportadores del área seca C2.....	28
2.2.6 Fallas de mantenimiento de equipos en el área seca de C2.....	30
2.2.7 Tipos de programas de mantenimiento en la operación y mantenimiento del área seca de C2.....	30
2.2.8 Estructura de supervisión y control del mantenimiento correctivo y Mantenimiento proactivo.....	31
2.3 Elementos de control y evaluación de mantenimiento.....	32
2.3.1 Objetivos principales de mantenimiento.....	32
2.3.2 Disponibilidad.....	32
2.3.3 Fiabilidad.....	33
2.3.4 La vida útil de la planta.....	33
2.3.5 El cumplimiento del presupuestó.....	33
2.4 Costo de mantenimiento.....	34
2.4.1 El presupuestó de mantenimiento.....	34
2.4.2 Costo directo.....	35
2.4.3 Costo de mano de obra directa.....	35
2.4.4 Costos indirectos.....	36
2.4.5 Costos de tiempo perdido.....	36

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE.....		38
3.1	Situación actual de la empresa.....	38
3.2	Misión.....	40
3.3	Visión.....	40
3.4	Análisis FODA.....	41
3.4.1	Fortaleza .....	42
3.4.2	Debilidades .....	42
3.4.3	Oportunidad .....	42
3.4.4	Amenazas .....	42
CAPÍTULO IV: SITUACIÓN DEL PLAN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROACTIVO SIN LA MEJORA.....		43
4.1	Selección de Problema.....	43
4.2	Descripción de los equipos del área seca C2.....	44
4.3	Inventario de los equipos .....	44
4.4	Codificación de los equipos del área seca C2.....	45
4.5	Registro de los equipos .....	49
4.6	Plan de actividades del mantenimiento preventivo-predictivo y Correctivo sin la mejora.....	56
CAPÍTULO V: PROPUESTA PLAN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROACTIVO.....		61
5.1	Análisis de las escalas de medición de correctivo y proactivo.....	61
5.2	Evaluación de mantenimiento correctivo y proactivo.....	62
5.3	Matriz de consistencia .....	64



5.4	Objetivos del plan mantenimiento correctivo y proactivo.....	64
5.5	Situación deseada.....	64
5.6	Implementación del área proactivo.....	67
5.7	Secuencia de la mejora del plan de mantenimiento proactivo.....	70
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE PLAN PROPUESTO.....		71
6.1	Mantenimiento proactivo como solución frente al correctivo.....	71
6.2	Disponibilidad de planta.....	71
6.3	Costos variables y fijos de mantenimiento.....	72
6.3.1	Costos variables .....	72
6.3.2	Costos fijos .....	73
6.4	Resultados de costos de mantenimiento correctivo y proactivo.....	74
CONCLUSIONES .....		76
RECOMENDACIONES.....		76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		77
ANEXOS .....		78

## ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla N° 1: Cuadro de mantenimiento año 2017.....	43
Tabla N° 2: Equipos del área seca C2.....	44
Tabla N° 3: Codificación de equipos del área seca C2.....	48
Tabla N° 4: Datos chancadora primaria .....	51
Tabla N° 5: Datos chancadora secundaria.....	53
Tabla N° 6: Datos de fajas transportadoras.....	54
Tabla N° 7: Datos de zarandas secas .....	56
Tabla N° 8: Actividades planeadas de la faja transportadora N°12 .....	58
Tabla N° 10: Chancadora secundaria MP1250 N°23.....	59
Tabla N° 11: Zaranda seca 3500 N°11 .....	59
Tabla N° 12: Pruebas de normalidad Kolmogorov Smirnov .....	62
Tabla N° 13: Estadísticos descriptivos de los mantenimientos correctivos.....	63
Tabla N° 14: Estadísticos descriptivos de los mantenimientos .....	63
Tabla N° 15: Disponibilidad de planta 2017 y la proyectada 2018.....	65
Tabla N° 16: Actividades planeadas de la faja transportadora N°12.....	65
Tabla N° 17: Chancadora secundaria MP1250 N°23.....	66
Tabla N° 17: Chancadora secundaria MP1250 N°11.....	67
Tabla N° 19: Evolución de disponibilidad de planta .....	68
Tabla N° 20: Costo total de la implementación del área de predictivo. ....	69
Tabla N° 21: Secuencia de mejora mantenimiento proactivo.....	70
Tabla N° 22: Disponibilidad de planta sin la mejora.....	72
Tabla N° 22: Disponibilidad de planta con la mejora.....	72
Tabla N° 23: Costos en mantenimiento .....	73
Tabla N° 25: Costos en mantenimiento fijo.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura N° 1: Proceso en la obtención del concentrado de cobre.....	25
Figura N° 2: FODA.....	41
Figura N° 3: Faja transportadora N°12.....	58
Figura N° 4: Chancadora secundaria.....	59
Figura N° 5: Partes de zaranda seca 3500 N°11.....	60
Figura N° 6: Toma de vibraciones HPGR.....	68
..... Figura N° 7: Cuadro de costos.....	73
Figura N° 8: Costo de Mantenimiento Correctivo .....	74
Figura N° 9: Costo de Mantenimiento Proactivo .....	75



## **INTRODUCCIÓN**

En la empresa de Sociedad Minera Cerro Verde (SMCV) tenemos mantenimiento basado en la confiabilidad, mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, se determinó en la actualidad que este plan de mantenimiento no son los suficientes seguros para evitar paradas de planta inopinadas.

En el primer capítulo del planteamiento metodológico, se analizaron la situación del problema que existe una alta frecuencia paradas de planta no programadas a nuestros principales equipos mecánicos como la chancadora y las fajas transportadoras, que trae en consecuencia una baja disponibilidad de equipos y pérdidas en la producción.

También se justifica la mejora del plan del mantenimiento proactivo de gestión de mantenimiento, esto nos ayuda a tener un nuevo punto de vista para el presente mantenimiento, el nuevo plan de mejora se va a tratar de optimizar la operación disminuyendo los mantenimientos correctivos en el área seca C2 y utilizando de manera correcta los recursos de la empresa minera.

En el segundo capítulo está el marco teórico, el mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso. La concreción de esta definición tan amplia dependerá de diversos factores entre los que puede mencionarse el tipo de minera, así como su producción del día.

En el tercer capítulo nos informa la situación actual de la empresa , cuenta con un programa de gestión de mantenimiento, como el Gantt, SAP, además con un departamento de confiabilidad e ingeniería dentro del cual está incluida el mantenimiento predictivo, estas herramientas ayudan al soporte de la planta, pero sin embargo sigue habiendo errores y fallas en los equipos de chancado y fajas transportadoras, este programa tiene por finalidad mejorar la gestión de mantenimiento en varios equipos del Área seca.

En el cuarto capítulo se revisa el mantenimiento correctivo – proactivo sin la mejora, en el año 2017 se obtuvieron 91 paradas de planta no programadas, lo cual motivo a realizar una mejora en el mantenimiento proactivo. este dato se verifica en el cuadro 01.

En el quinto capítulo tenemos la propuesta de del plan del mantenimiento correctivo – proactivo, con la mejora del mantenimiento proactivo se disminuirá las fallas de equipos inesperadas, además, se tendrá implementada el área de predictivo y también la adquisición de nuevos equipos para determinar la condición actual de las maquinas estacionarias de planta.

Finalmente, el sexto capítulo evaluaremos en plan propuesto, Se realizaron las pruebas de normalidad de Kolmogorov Smirnov y además se verificará la hipótesis, donde dio como resultado y viable la aplicación de la hipótesis alternativa donde el mantenimiento proactivo ayuda a tener menos paradas de planta y mejor disponibilidad de equipos que ayudan en aumentar la producción y eficiencia en la empresa.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. (SMCV) una mina de cobre ubicada en el asiento minero Cerro Verde ubicado a su vez en la concesión minera Cerro Verde en la provincia de Arequipa, departamento y región de Arequipa.

Se realizan procesos para la extracción y producción de cobre dentro de la minería, y por lo tanto también esa relación al área de mantenimiento la que se encarga que la producción trabaje las 24 horas, nuestro campo a mejorar es el mantenimiento proactivo del Área seca C2, donde se operan equipos de chancado que trituran y fajas que transportan el mineral para que posteriormente y mediante procesos químicos se obtenga el concentrado cobre. Para mantener una producción constante y para darle a la planta la máxima eficiencia se necesita tener una buena disponibilidad de planta; actualmente se tiene una disponibilidad de 92.46%; para aumentar la disponibilidad se tendrá que implementar el área de predictivo, con finalidad de disminuir las paradas de planta.

La situación de este problema es que existe una alta frecuencia paradas de planta no programadas a nuestros principales equipos mecánicos como la chancadora y las fajas transportadoras, que trae en consecuencia una baja disponibilidad de equipos y pérdidas en la producción.

## **1.2 Formulación interrogativa del problema**

Se explicó anteriormente; se plantea el problema bajo la siguiente pregunta:

¿Cuál sería un plan de mejora para el programa de mantenimiento proactivo de equipos mecánicos que ayude a reducir el mantenimiento correctivo en el Área seca de C2 de sociedad minera cerro verde?

## **1.3 Justificación de la investigación**

La realización del presente estudio está justificada debido a que se realizará el respectivo perfeccionamiento del plan delineado del mantenimiento proactivo de gestión de mantenimiento, ocasionando que las situaciones de mantenimiento sean observadas de diferente manera, todo esto con la finalidad de mejorar sustancialmente el proceso operativo disminuyendo la corrección del mantenimiento y que los recursos se optimicen.

## **1.4 Delimitación de la investigación**

Por razones de costo y tiempo, el presente estudio se realiza en el Área Seca C2 de la empresa minera cerro verde, que intervienen todos los equipos del proceso a cargo del área de mantenimiento, según los resultados proyectados se podría ampliar a más tiempo de prueba.



## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Mejorar el plan de mantenimiento proactivo con la finalidad de generar menos paradas de planta.

### **1.5.2 Objetivo específico**

1. Identificar, seleccionar y resumir los mantenimientos proactivo y correctivo del año 2017 hasta el año actual 2018 aplicado a los equipos mecánicos del área seca C2.

2. Describir la problemática actual de la disponibilidad de la chancadora y faja transportadora.

3. Proponer un nuevo plan de mantenimiento, y la disponibilidad de estos equipos.

4. Determinar la cantidad de mantenimientos correctivos, para posteriormente poder disminuirlas mediante herramientas de gestión e implementación del área de predictivo.

5. Determinar la disponibilidad de planta para posteriormente saber en cuanto se puede aumentar esta, si mejoramos el mantenimiento proactivo y disminuimos las paradas de planta no programadas.

## **1.6 Hipótesis y variables**

### **1.6.1 Hipótesis**

1. El desarrollo y aplicación del plan de mantenimiento proactivo, es probable incrementar significativamente la disponibilidad de estos equipos mecánicos del área seca C2.

### **1.6.2 Variable**

Las variables están definidas de la siguiente manera:

### **1.6.3 Variable independiente**

El plan está basado en la mejora del mantenimiento proactivo y correctivo, en los equipos mecánicos principales como chancadora y faja transportadora.

**Definición conceptual:** El plan de mantenimiento basado en reducir las paradas de planta no programadas, analizando aumento de personal o bien, de equipos de prueba para mejorar los diagnósticos de los equipos mecánicos, es una estrategia que permite garantizar el funcionamiento de estos equipos mecánicos.

**Definición Operacional:** El plan de mantenimiento basado el funcionamiento óptimo de los equipos, esto a su vez garantiza la productividad, el monitoreo de los equipos ayuda a diagnosticar posibles fallas. También es importante un programa de mantenimiento a todos los equipos mecánicos, la ventaja es que se puede intervenir los equipos en una parada de planta programada y no afectando la producción.

#### **1.6.4 Variable dependiente**

Se mantiene el mantenimiento correctivo de los equipos mecánicos en el área Seca C2 en Sociedad Minera Cerro Verde.

### **1.7 Metodología**

Se detalla a continuación el tipo metodológico con el fin de lograr los objetivos del presente estudio.

### 1.7.1 Tipo de Investigación

La investigación es del tipo aplicado y correlacional, esta investigación se caracteriza por ser aplicativo en datos reales para mejorar el plan de mantenimiento también es explicativa porque hay relación de dependencia entre la variable independiente y la dependiente mencionados en el presente estudio.

Para obtener lo planteado, es necesario realizar una descripción basada en la data obtenida de las diversas clases de mantenimiento, llevadas a cabo en este año, sólo así se podrán obtener las paradas de operación realizadas.

### 1.7.2 Población y muestra

1. **Población:** Está constituida por el conjunto semanal de mantenimiento llevados a cabo en los procesos de chancado y transporte de material.

2. **Muestra:** La constituyen 96 semanas de mantenimientos realizados (la mitad constituida por mantenimientos proactivos y la otra mitad sin tomarlos en cuenta). Siendo el número adecuado para realizar el estudio, por lo que, se aplicará un muestreo aleatorio simple, con un error muestral de 0.1 y (con  $\alpha = 0.05$ ) significancia del 5%.

$$n = Z^2(1 - \frac{\alpha}{2}) * p * (1 - p) / E^2 = 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5) / 0.1^2 = 96$$

El respectivo ajuste proporcional considerado de 50% para ambos grupos, justifica que se aplique el estudio realizado.

### **1.7.3 Técnicas e instrumentos de recolección de Datos**

Es necesario considerar el siguiente procedimiento en el caso de recolección de datos:

1. Respecto al mantenimiento correctivo del año 2017, es necesario determinar las paradas realizadas.
2. En el año 2018, se realizaron las paradas para realizar los mantenimientos correctivos, empleando el programa realizada, siendo necesario determinarlas.
3. Determinar que nuevas características ofrece el nuevo respecto al anterior, comparándolo con el año anterior.
4. Luego de realizado la operación del Área Seca C2 y la aplicación del programa de mantenimiento realizado, se determinan los defectos.

### **1.7.4 Análisis y discusión de resultados**

Las informaciones obtenidas serán analizados y presentada en cuadros de Excel los cuales se verificará los resultados de los mantenimientos correctivos con mantenimientos predictivos.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1 Antecedentes**

El uso y aplicación de la nueva tecnología emergente para el área de mantenimiento y operación de Planta Concentradora.

Actualmente se cuenta con un programa de gestión de mantenimiento, como el Gantt, SAP, además con un departamento de confiabilidad e ingeniería dentro del cual está incluida el mantenimiento predictivo, estas herramientas ayudan al soporte de la planta, pero sin embargo sigue habiendo errores y fallas en los equipos de chancado y fajas transportadoras, este programa tiene por finalidad mejorar la gestión de mantenimiento en varios equipos del Área seca.

## 2.2 Conceptos y principios básicos

Las funciones básicas del mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso. La concreción de esta definición tan amplia dependerá de diversos factores entre los que puede mencionarse el tipo de minera, así como su producción del día.

Las tareas encomendadas al departamento encargado del mantenimiento pueden diferir entre distintas empresas contratistas, atendiendo a la estructura organizativa de las mismas, con lo que las funciones del mantenimiento, en cada una de ellas no serán obviamente las mismas. Por lo tanto, el campo de acción de las actividades de un departamento de mantenimiento puede incluir las siguientes responsabilidades:

- ✓ Mantener los equipos e instalaciones en condiciones operativas eficaces y seguras.
- ✓ Efectuar un control del estado de los equipos, así como de su disponibilidad.
- ✓ En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos de almacén necesarios.
- ✓ Intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones.

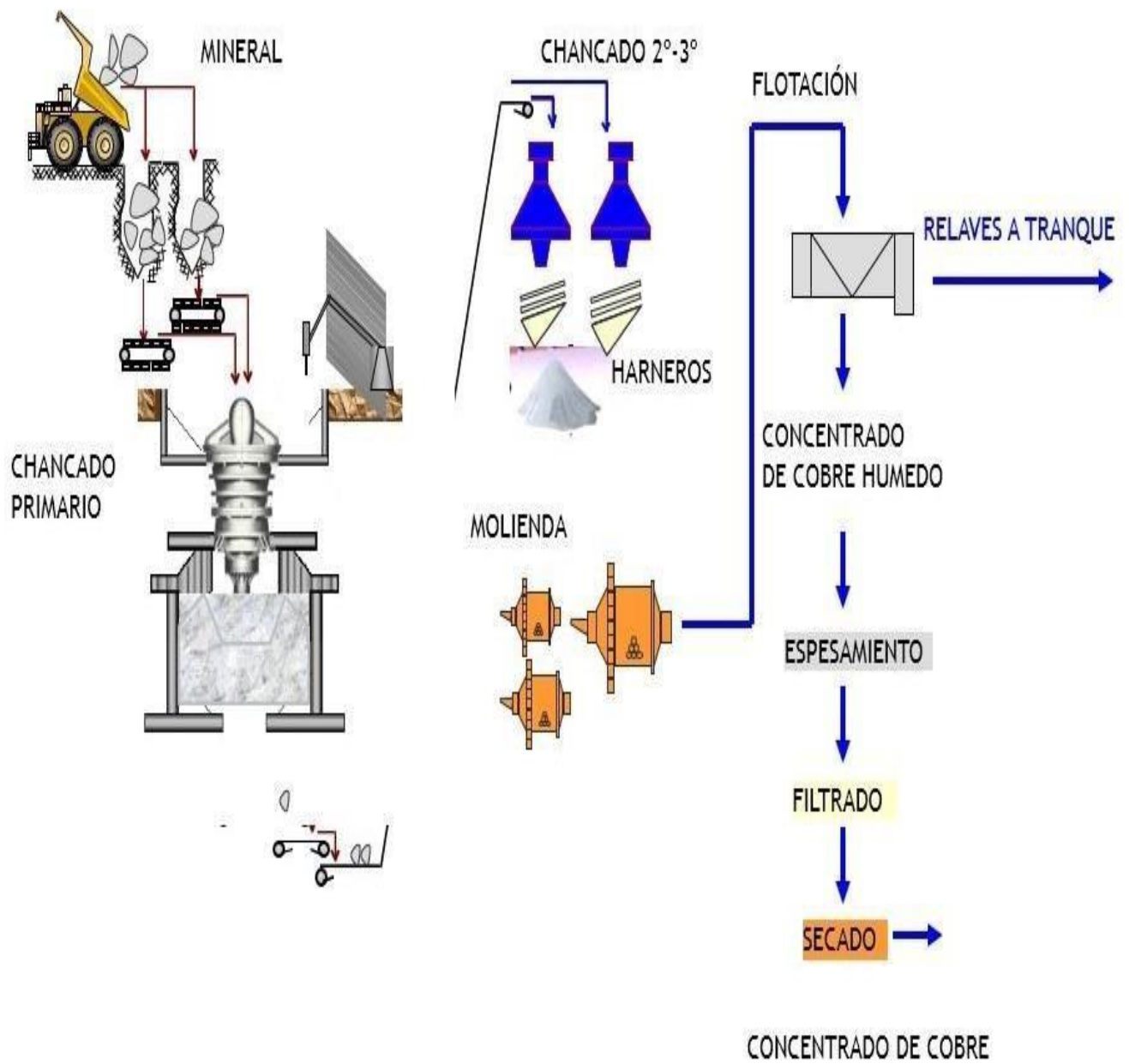
- ✓ Llevar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.
- ✓ Realizar el seguimiento de los costes de mantenimiento.
- ✓ Proveer el adecuado equipamiento al personal técnico del área

### **2.2.1 Mantenimiento y diagrama de flujo Operacional**

El mantenimiento mecánico que permite realizar, ejecutar y lograr que los equipos y maquinarias sean más confiables.

Todo esto, propiciará que la inseguridad operativa sea la mínima, para que así las personas no se vean afectadas. Se describe como “Alcanzar la eficacia a menor costo operativo”.





*Figura N°1 :Proceso en la obtención del concentrado de cobre, fuente obtenida por la empresa Sociedad Minera Cerro Verde*

### 2.2.2 Tipos de mantenimiento

El proceso operativo respecto al mantenimiento implica definirlo de diferentes maneras:

1. Mantenimiento de conservación: Su función consiste en ayudar al deterioro producido por el desgaste, producido por elementos ambientales o por otros causales.
2. Mantenimiento correctivo diferido: Realizado al producirse averías, procediéndose a su restauración. (Universidad de la Guajira, 2015).
3. Mantenimiento preventivo: Se basa en el tiempo, cada máquina según el fabricante propone inspección, cambio de componentes cada cierta cantidad de horas.

En el mantenimiento preventivo podemos observar:

- ✓ Mantenimiento programado
- ✓ Mantenimiento predictivo
- ✓ Mantenimiento de oportunidad

### **2.2.3 Problemas mecánicos en maquinarias rotativas identificados por el equipo analizador de vibración**

- ✓ Cuando se observa un vibrado típico característico de una falla determinada.
- ✓ Las características de cada maquinaria determinan la frecuencia vibratoria.
- ✓ La información conseguida como consecuencia de medir la vibración de determinada máquina implica su conexión con diversos componentes.
  - ✓ Fallas detectadas por los análisis
  - ✓ Desbalanceo
  - ✓ Desalineamiento
  - ✓ Juego Mecánico o Looseness
  - ✓ Fallas en los rodamientos
  - ✓ Fallas en los engranajes
  - ✓ Motores tipo eléctricos
  - ✓ Fallas detectadas en Correas
  - ✓ Fallas en Chumaceras
  - ✓ Fallas en Alabes e Impulsores
  - ✓ Resonancia
  - ✓ Beat

#### **2.2.4 Fundamentos teóricos de mantenimiento y operación del área seca**

- ✓ Chancadoras: son equipos que encargan de chancar el mineral con la finalidad de disminuir su tamaño original.
- ✓ Fajas transportadoras: se encargan de transportar el mineral de un punto a otro.
- ✓ Aproximadamente al día en la Planta C2 de Smcv se procesa 260tn/día

#### **2.2.5 Fundamentos prácticos sobre la operación de mantenimiento de las Chancadoras y Fajas Transportadoras del área seca C2**

##### **Mantenimiento de Chancadoras y Fajas Transportadora**

1. Mantenimiento de línea: se encarga del mantenimiento programado de los equipos de chancado y fajas transportadoras
2. Mantenimiento Guardia: se encarga de dar mantenimiento cuando hay llamadas de emergencia con la finalidad de reparar o solucionar el problema temporal o permanentemente.

#### Actividades:

- ✓ Mantenimiento de Chancadoras Primarias, secundarias y terciarias
- ✓ Mantenimiento de fajas transportadoras.
- ✓ Mantenimiento de sistemas de colector de polvo
- ✓ Mantenimiento de Chutes, feeders, diverters y zarandas.
- ✓ Mantenimiento Eléctrico-mecánico.
- ✓ Mantenimiento programado, correctivo, predictivo y proactivo de todos los equipos de chancado y transporte de mineral

#### Las actividades que se realizan son:

- ✓ Los equipos deben recibir el mantenimiento respectivo cada 500, 1000, 2000, 6000, 12000, y 24000 horas de proceso productivo.
- ✓ Cambio de cóncavos y forros al trompo de la chancadora primaria, cambio de mantle y bowl liners de las chancadoras secundarias y cambio de rodillos de los HPGR'S.
- ✓ Cambio de fajas.
- ✓ Reparación de fajas transportadoras cuando tienen cortes.

### **2.2.6 Fallas de operación por mantenimiento de equipos en el área seca de C2.**

La operación presenta fallas operativas siguientes:

- ✓ Fallas físicas. Debido a la presencia de las condiciones operativas quizás elevadas (temperatura, presión, etc.)
- ✓ Falla funcional. Esto quiere decir, que existe una relación del funcionamiento de ciclo operativo y sus equipos.
- ✓ Esta problemática se encuentra relacionada en el aspecto crítico, donde es necesario codificar las máquinas, con la finalidad de tener en cuenta el mantenimiento preventivo.
- ✓ Es necesario llevar a cabo un plan de contingencia respecto de las fallas que se presentan en las piezas y diversos materiales.

### **2.2.7 Tipos de programa de gestión de mantenimiento en la operación y mantenimiento del área seca de C2.**

En el área seca tenemos los siguientes tipos de mantenimiento:

- ✓ Tareas de mantenimiento correctivo
- ✓ Tareas de mantenimiento programado
- ✓ Mantenimiento predictivo

- ✓ Mantenimiento 'cero horas'
- ✓ Mantenimiento conductivo: El Total Productive Maintenance y Mantenimiento Productivo Total, se basan en este tipo. (GARCIA,2012).
- ✓ Mantenimiento modificativo

#### **2.2.8 Estructura de supervisión y control del mantenimiento correctivo y Mantenimiento proactivo**

El proceso y su funcionamiento, la toma de decisiones y la realización de labores de control, derivan del respectivo análisis y medición de las variables intervinientes en el proceso. Siendo este sistema utilizado para controles operativos, de todas maneras nos proporcionará información útil para llevar a cabo el mantenimiento predictivo.

## **2.3 Elementos de control y evaluación de gestión de mantenimiento**

### **2.3.1 Objetivos principales del mantenimiento**

- ✓ La disponibilidad implica el cumplimiento de un valor ya establecido de ésta.
- ✓ Se hace necesario que la fiabilidad posea un valor ya establecido.
- ✓ La instalación realizada debe poseer una vida útil prolongada, tomando en cuenta al plazo establecido de amortización de la planta.
- ✓ El presupuesto es tomado en cuenta para ajustar el mantenimiento respectivo.

### **2.3.2 Disponibilidad**

Viene a ser la proporción del tiempo en el cual la instalación se ha encuentra dispuesta a producir, independientemente de su realización sin tomar en cuenta el aspecto técnico.



### **2.3.3 Fiabilidad**

Es un elemento considerado como indicador cuya función es medir la capacidad operativa de la planta de producción respecto al plan trazado.

### **2.3.4 La vida útil de la planta**

El tercer gran objetivo de mantenimiento es asegurar una larga vida útil para la instalación. Es decir, debe estar diseñada para un determinado período productivo, tomando en cuenta siempre la amortización económica ya establecida.

La esperanza de vida útil para una instalación industrial típica se sitúa habitualmente entre los 20 y los 30 años, en los cuales las prestaciones de la planta y los objetivos de mantenimiento deben estar siempre dentro de unos valores prefijados.

### **2.3.5 El cumplimiento del presupuesto**

Este rubro implica que se cumplan las metas presupuestales establecidas, significando esto que el total establecimiento de los objetivos delineados no pueden ser logrados a cualquier precio.

## **2.4 Costo del mantenimiento**

Problema de empresa: ¿Cuánto cuesta el mantenimiento? • El cálculo del presupuesto de mantenimiento es una labor importante que asume el Responsable

de Mantenimiento de una instalación como una de sus funciones. No es fácil realizar un presupuesto de mantenimiento, ya que se trata de realizar unos cálculos sobre previsiones futuras que pueden materializarse o no.

En el presupuesto anual de mantenimiento hay una parte del coste que es aproximadamente constante, como la mano de obra habitual o el coste de las reparaciones programadas, pero hay otros costes que son variables y están relacionados con las averías que se produzcan. No todos los años se producen las mismas averías ni de la misma gravedad, por lo que el apartado referente a materiales y a contratas puede variar sensiblemente de un año a otro. • Por otro lado, al realizar el presupuesto anual de mantenimiento es importante distinguir entre los costes iniciales de implantación, relacionados con la compra inicial de herramienta, la compra del stock de repuesto y el periodo de formación del personal, que no se repite, y el coste anual, que se repite un año tras otro con algunas variaciones.

#### **2.4.1 El presupuesto de mantenimiento**

- ✓ Costes de implantación o movilización
- ✓ Coste anual de personal de mantenimiento
- ✓ Coste anual en repuestos y consumibles
- ✓ Coste anual en contratos externos
- ✓ Coste de paradas y grandes revisiones
- ✓ Seguros, franquicias y límites de responsabilidad
- ✓ Imprevistos

- ✓ Costo anual de herramienta y medios técnicos

#### **2.4.2 Costos directos**

En el área de mantenimiento los costos directos.

Están relacionados con el rendimiento de la empresa y son menores si la conservación de los equipos es mejor, influye la cantidad de tiempo que se emplea el equipo y la atención que requieren, estos costos son fijados por la cantidad de revisiones, inspecciones y en general las actividades y controles que se realizan a los equipos. (Ruiz & Diaz, 2012, pág. 200)

#### **2.4.3 Costo de mano de obra directa**

- ✓ Costos relacionados directamente a las actividades de mantenimiento, consumo de energía, personal externo, alquiler de los equipos, asesorías, consumo de energía eléctrica etc.
- ✓ Costo de los repuestos de los equipos, componentes y materiales.

#### **2.4.4 Costos indirectos**

En el área de mantenimiento los costos directos.

Son aquellos que no pueden atribuirse de una manera directa a una operación o trabajo específico. En mantenimiento, es el costo que no puede relacionarse a algún trabajo específico. Por lo general suelen ser: la supervisión, almacén, instalaciones, servicio de taller, accesorios diversos, administración etc. (Ruiz & Diaz, 2012, pág. 200)

El objetivo es tener el costo de operación para evaluar la mejora del plan de mantenimiento.

#### **2.4.5 Costos de tiempos perdidos**

Todo trabajo tenemos los tiempos perdidos, no están vinculados con el mantenimiento, pero afecta a la operación y mantenimiento en tiempos mínimos y en ocasiones mayores.

- ✓ Factores climáticos, sociales, etc.
- ✓ Paradas no programadas de operación de la producción
- ✓ Perdidas en ventas
- ✓ Exceso de desperdicios de material
- ✓ Baja calidad
- ✓ Demora de Entrega de los equipos por el fabricante

Para ello debe de contar con la colaboración de mantenimiento y producción, pues se debe recibir información de tiempos perdidos o paros de máquinas, necesidad de materiales, repuestos y mano de obra estipulados en las ordenes de trabajo, así como la producción perdida, producción degradada. Una buena inversión de mantenimiento no es un gasto sino una potencial fuente de utilidades. (Ramos, 2014, pág. 37)

Se determina que las producciones de la planta C2 son altas cuando los costos de producción son óptimos.

## **CAPÍTULO III: DESCRIPCION DE LA EMPRESA SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE**

### **3.1 Situación actual de la Empresa**

Sociedad Minera Cerro Verde aplica varios tipos de mantenimientos tales como mantenimiento basado en la confiabilidad, predictivo, preventivo, pero sin embargo esto hace que no disminuya las paradas de planta no programadas.

Se han implantado planes y programas que recogen las medidas necesarias en la operación de chancado y transporte de mineral, siendo necesario citar que los resultados conseguidos no son los deseados.

Se ha establecido programas a aplicarse en la gestión de mantenimiento, como consecuencia de haberse realizado el análisis respectivo a las investigaciones, todos ellos enfocados en que la planta en su capacidad operativa mejore y alcance el 100% de optimización, de conseguirse esto no se producirán paradas de operación para llevar a cabo mantenimientos correctivos.

En el año 2017 se realizaron 91 mantenimientos correctivos en los equipos y maquinarias, actos que ocasionaron pérdidas económicas como material (mineral chancado).

Todo este conjunto de mantenimientos ha producido paralizaciones en planta lo que tendría como consecuencias no llegar a la producción programada.

Los mantenimientos correctivos más comunes suceden en las fajas y chancadoras lo que genera paradas de horas y a veces días.

Por este medio , se recomienda mejorar el PROGRAMA DE CONTROL DEL MANTENIMIENTO PROACTIVO EN EQUIPOS MECÁNICOS DEL AREA SECA.

### **3.2 Misión**

- ✓ Excelencia en Seguridad y Medio Ambiente - “Todos regresan a casa seguro todos los días”
- ✓ Excelencia en las Personas - “Todos trabajando juntos en la misma dirección”
- ✓ Excelencia Operacional - “Lograr mejores eficiencias operacionales de su clase”
- ✓ Gestión de Costos - “Gastar el dinero sabiamente para maximizar el valor”
- ✓ Responsabilidad Social y de Grupos de Interés - “Mantener aceptación para operar localmente”

### **3.3. Visión**

- ✓ “Ser el Líder de Producción Segura en minería de cobre de baja ley”



### 3.4 Análisis FODA

El análisis FODA se deriva de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Con ella, se analiza los factores internos de un proceso y organización (fortalezas y debilidades) como los externos (oportunidades y amenazas). Con su uso podemos desarrollar una nueva estrategia de acción al comparar los factores internos con los externos. Con ella la empresa puede aprovechar los puntos fuertes y las oportunidades del entorno y, a su vez, jerarquizar las debilidades que posee para minimizar las amenazas de su entorno.



*Figura N°2: FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), fuente en splashdeideas.com*

### 3.4.1 FORTALEZAS

Buen ambiente laboral  
Personal técnico capacitado  
Alta motivación del personal de mantenimiento

### 3.4.4 AMENAZAS

Aperturas e inicio de proyectos mineros.  
Desacuerdo con el sindicato en asuntos del convenio colectivo.  
Posible subida en el precio de los metales

## FODA

### 3.4.3 OPORTUNIDADES

Continuidad de producción  
Carreteras privadas  
Buena relación social Minera con la comunidad mas cercana.

### 3.4.2 DEBILIDADES

No tener una planta para fundir concentrado.  
Deficientes sistemas de gestión  
Ubicación de la minera, se necesita hacer doble transporte.

### **CAPÍTULO III: SITUACION DEL PLAN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO- PROACTIVO SIN LA MEJORA**

#### **4.1. Selección del problema**

En el año 2017 se obtuvieron 91 paradas de planta no programadas, lo cual motivo a realizar una mejora en el mantenimiento proactivo.

*Tabla 1 Cuadro de mantenimiento año 2017*

<b>HORAS DE MANTENIMIENTO AÑO 2017 SIN LA MEJORA</b>	
HORAS TOTALES DE PRODUCCION=	8064
HORAS TOTALES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO=	24
HORAS TOTALES DE PARADAS PROGRAMADAS DE PLANTA=	57
HORAS TOTALES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EJECUTADO=	527
HORAS TOTALES POR MANTENIMIENTO=	608

Con las horas totales de producción y con las horas de mantenimiento podemos determinar la disponibilidad de planta del año 2017, por consiguiente, con la mejora del mantenimiento proactivo podemos determinar en cuanto

#### 4.2 Descripción de los equipos del área seca C2

Para implementar el plan de mantenimiento fue necesario hacer un inventario de los equipos del proceso de producción y su respectiva codificación, para después anexarlos a la respectiva documentación.

#### 4.3 Inventario de los equipos

Se tiene en cuenta con 72 equipos, los cuales veremos detalladamente en la siguiente tabla:

*Tabla 2 Equipos del área seca C2*

INVENTARIO DE EQUIPOS ÁREA SECA C2		
N°	EQUIPO	CANTIDAD
1	CHANCADORA PRIMARIA	2
2	FEEDERS	34
3	FAJAS	14
4	CHANCADORA SECUNDARIA	8
5	CHANCADORA TERCARIAS	8
6	ZARANDAS	8
	<b>TOTAL DE EQUIPOS</b>	<b>74</b>

#### 4.4 Codificación de los equipos área seca C2.

La codificación de los equipos de ÁREA SECA C2 se realizará teniendo en cuenta la siguiente nomenclatura:

*Tabla 3 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS ÁREA SECA C2*

Nº	CODIGO	EQUIPO
1	CR001	CHANCADORA PRIMARIA N°1
2	CR002	CHANCADORA PRIMARIA N°2
3	FE011	FEEDER 11
4	FE021	FEEDER 21
5	CV022	FAJA TRANSPORTADORA N°22
6	CV012	FAJA TRANSPORTADORA N°12
7	FE012	FEEDER 12
8	FE013	FEEDER 13
9	FE014	FEEDER 14
10	FE015	FEEDER 15
11	FE022	FEEDER 22
12	FE023	FEEDER 23
13	FE024	FEEDER 24

---

14	FE025	FEEDER 25
15	CV023	FAJA TRANSPORTADORA N°23
16	CV013	FAJA TRANSPORTADORA N°13
17	CV027	FAJA TRANSPORTADORA N°27
18	CV026	FAJA TRANSPORTADORA N°26
19	CV041	FAJA TRANSPORTADORA N°41
20	CV025	FAJA TRANSPORTADORA N°25
21	CV015	FAJA TRANSPORTADORA N°15
22	CV016	FAJA TRANSPORTADORA N°16
23	CV019	FAJA TRANSPORTADORA N°19
24	CV029	FAJA TRANSPORTADORA N°29
25	CV018	FAJA TRANSPORTADORA N°18
26	CV028	FAJA TRANSPORTADORA N°28
27	CR011	CHANCADORA SECUNDARIO 11
28	CR012	CHANCADORA SECUNDARIO 12
29	CR013	CHANCADORA SECUNDARIO 13
30	CR014	CHANCADORA SECUNDARIO 14
31	CR021	CHANCADORA SECUNDARIO 21
32	CR022	CHANCADORA SECUNDARIO 22
33	CR023	CHANCADORA SECUNDARIO 23
34	CR024	CHANCADORA SECUNDARIO 24

---

---

35	CR015	CHANCADORA TERCIARIA 15
36	CR016	CHANCADORA TERCIARIA 16
37	CR017	CHANCADORA TERCIARIA 17
38	CR018	CHANCADORA TERCIARIA 18
39	CR025	CHANCADORA TERCIARIA 25
40	CR026	CHANCADORA TERCIARIA 26
41	CR027	CHANCADORA TERCIARIA 27
42	CR028	CHANCADORA TERCIARIA 28
43	SC011	ZARANDA 11
44	SC012	ZARANDA 12
45	SC013	ZARANDA 13
46	SC014	ZARANDA 14
47	SC021	ZARANDA 21
48	SC022	ZARANDA 22
49	SC023	ZARANDA 23
50	SC024	ZARANDA 24
51	FE061	FEEDER 61
52	FE062	FEEDER 62
53	FE063	FEEDER 63
54	FE064	FEEDER 64
55	FE051	FEEDER 51

---

---

56	FE052	FEEDER 52
57	FE053	FEEDER 53
58	FE054	FEEDER 54
59	FE031	FEEDER 31
60	FE032	FEEDER 32
61	FE033	FEEDER 33
62	FE034	FEEDER 34
63	FE040	FEEDER 40
64	FE041	FEEDER 41
65	FE042	FEEDER 42
66	FE043	FEEDER 43
67	FE016	FEEDER 16
68	FE017	FEEDER 17
69	FE018	FEEDER 18
70	FE019	FEEDER 19
71	FE026	FEEDER 26
72	FE027	FEEDER 27
73	FE028	FEEDER 28
74	FE029	FEEDER 29

---

*Nota:* Inventarió de los equipos del área C2



#### 4.5 Registro de los equipos

Teniendo el inventario y la codificación de los equipos, fue necesario organizar en un formato estándar las características y las especificaciones técnicas de cada uno de ellos, este formato de hoja de vida se diseñó utilizando una hoja de datos en Excel.

A continuación, se presentan la hoja de vida de cada, con sus respectivas frecuencias de falla de los equipos más importantes:

#### Hoja de Vida y Frecuencias de Falla de las CHANCADORAS PRIMARIAS

*Tabla 4 Datos chancadora primaria*

Chancadoras Primarias		
C2-3110-CR-001/002		
Motor		
Potencia	HP	1000
Frecuencia de Linea	Hz	60
Velocidad del Motor	rpm	505.18
Factor de Ventana		1.5
Numero de lineas		1600
Frecuencia Max. Motor	cpm	5051.8
2FL		7200
3 x 2 F.Linea	cpm	21600
Frecuencia Maxima	cpm	22000

Resolución Mínima Requerida	5178.28
Resolución	41.23
Tiempo	s 4.36
Numero de promedios	3
Superposición de promedios	75%
Tiempo Total	6.53

Rodamientos		
	LIERE	NU234UBM303E
BPII	10.20	5132.64
BPIO	7.50	3540.40
FTF	0.43	215.91
B3F	3.65	1560.75
Numero de lineas		6400
Frecuencia Max. Rodamiento		51326.39
Frecuencia Maxima		60000
	ADOPL	NU1040BM303E
BPII	13.22	6675.43
BPIO	10.77	5440.79
FTF	0.45	225.63
B3F	4.55	2450.12
Numero de lineas		6400
Frecuencia Max. Rodamiento		66754.796
Frecuencia Maxima		90000

	ADOPLE	6040C3
BPFI	7.91	3995.97
BPFO	6.05	3071.49
FTF	0.44	219.75
BSF	3.75	1894.43
Numero de lineas		6400
Frecuencia Max. Rodamiento		39959.735
Frecuencia Maxima		45000

## Hoja de Vida y Frecuencia de Falla de las CHANCADORAS SECUNDARIAS

*Tabla 5 Datos chancadora secundaria*

Chancadoras secundarias			
C3-3225-CN-6F12012013/014/015/022/023/024			
<b>Motor</b>			
Potencia	HP	1250	
Frecuencia de Linea	Hz	60	
Velocidad del Motor	rpm	1191	
Factor de Ventana		1.5	
Numero de lineas		3200	
Frecuencia Max. Motor	cpm	11910	
2FL		7200	
3 x 2 F.Linea	cpm	21600	
Frecuencia Maxima	cpm	22000	

Resolucion Minima Requerida	54
Resolucion	20.625
Tiempo	s 5.73
Numero de promedios	3
Superposicion de promedios	75%
Tiempo Total	13.09

Rodamientos		
		6326C3
BFFI	<u>5.01</u>	6924.47
BPFO	<u>4.19</u>	4955.53
FTF	<u>0.42</u>	499.03
BSF	<u>2.99</u>	3559.90
Numero de lineas		6400
Frecuencia Max. Rodamiento		69244.74
Frecuencia Maxima		150000
		6326C3
BFFI	<u>5.01</u>	6924.47
BPFO	<u>4.19</u>	4955.53
FTF	<u>0.42</u>	499.03
BSF	<u>2.99</u>	3559.90
Numero de lineas		6400
Frecuencia Max. Rodamiento		69244.74

Frecuencia Maxima	130000
-------------------	--------

## Hoja de Vida y Frecuencias de Falla de las FAJAS TRANSPORTADORAS

Tabla 6 Datos de faja transportadora

Fajas de mineral grueso		
01-3128-CV-015022		
Motor		
Potencia	HP	1250
Frecuencia de Linea	Hz	60
Velocidad del Motor	rpm	1795
Factor de Ventana		1.5
Numero de lineas		1600
Frecuencia Max. Motor	cpm	17960
2FL		7200
3 x 2 F.Linea	cpm	21600
Frecuencia Maxima	cpm	22000
Resolucion Minima Requerida		16
Resolucion		41.25
Tiempo	s	4.35
Numero de promedios		3
Superposicion de promedios		75%
Tiempo Total		6.55

<b>Rodamientos</b>		
	LIBRE	6324
BPFI	4.86	8728.56
BPFO	3.13	5623.28
FTF	0.39	702.24
BSF	2.19	3938.63
Numero de lineas		6400
Frecuencia Max. Rodamiento		87285.6
Frecuencia Maxima		90000
	ACOPLE	6326/C3VL207
BPFI	4.87	8741.13
BPFO	3.13	5626.87
FTF	0.39	704.03
BSF	2.20	3947.61
Numero de lineas		6400
Frecuencia Max. Rodamiento		87411.32
Frecuencia Maxima		90000

## Hoja de Vida y Frecuencias de Falla de las ZARANDAS SECAS

*Tabla 7 Datos de zarandas secas*

Zarandas secas		
C2-3240-SG-011/012/013/014/021/022/023/024		
Motor		
Potencia	HP	175
Frecuencia de Linea	Hz	60
Velocidad del Motor	rpm	1790.6
Factor de Ventana		1.5
Numero de lineas		3200
Frecuencia Max. Motor	cpm	17906
2FL		7200
3 x 2 F.Linea	cpm	21600
Frecuencia Maxima	cpm	22000
Resolucion Minima Requerida		37.6
Resolucion		20.625
Tiempo	s	8.73
Numero de promedios		3
Superposicion de promedios		75%
Tiempo Total		13.09

Rodamientos		
	LIBRE	6318C3
BPFI	<u>4.91</u>	8786.47
BPFO	<u>3.09</u>	5536.54
FTF	<u>0.39</u>	692.96
BSF	<u>2.09</u>	3744.14
Numero de lineas		6400
Frecuencia Max. Rodamiento		87864.742
Frecuencia Maxima		90000
	ACOPLE	NU318C3
BPFI	7.66	13717.25
BPFO	5.34	9560.55
FTF	0.41	735.94
BSF	2.71	4854.32
Numero de lineas		6400
Frecuencia Max. Rodamiento		137172.4942
Frecuencia Maxima		150000



#### 4.6 Plan de actividades del mantenimiento preventivo – predictivo y correctivo sin la mejora

Los mantenimientos correctivos no se programan debido a que solo se da cuando falla el equipo debido un problema en el mecanismo.

A continuación, citaremos algunos equipos que tienes un plan de mantenimiento establecido:

*Tabla N° 8. Actividades planeadas de la faja transportadora N°12*

CODIGO EQUIPO:

CV012

ITEM	ACTIVIDADES	TIPO	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	EMPALMES DE LA FAJA	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
2	INSPECCION DE ESPESOR DE LA FAJA	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
3	LAGGING DE LAS POLEAS	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
4	TERMOGRAFIA DE LAS CHUMACERAS	PREDICTIVO	MENSUAL																								
5	TOMA DE VIBRACIONES DE	PREDICTIVO	MENSUAL																								
6	TERMOGRAFIA DE LOS REDUCTORES	PREDICTIVO	MENSUAL																								
7	VIBRACIONES DE LOS REDUCTORES	PREDICTIVO	MENSUAL																								
8	TOMA DE VIBRACIONES DE LOS LIVE ROLLS	PREDICTIVO	MENSUAL																								

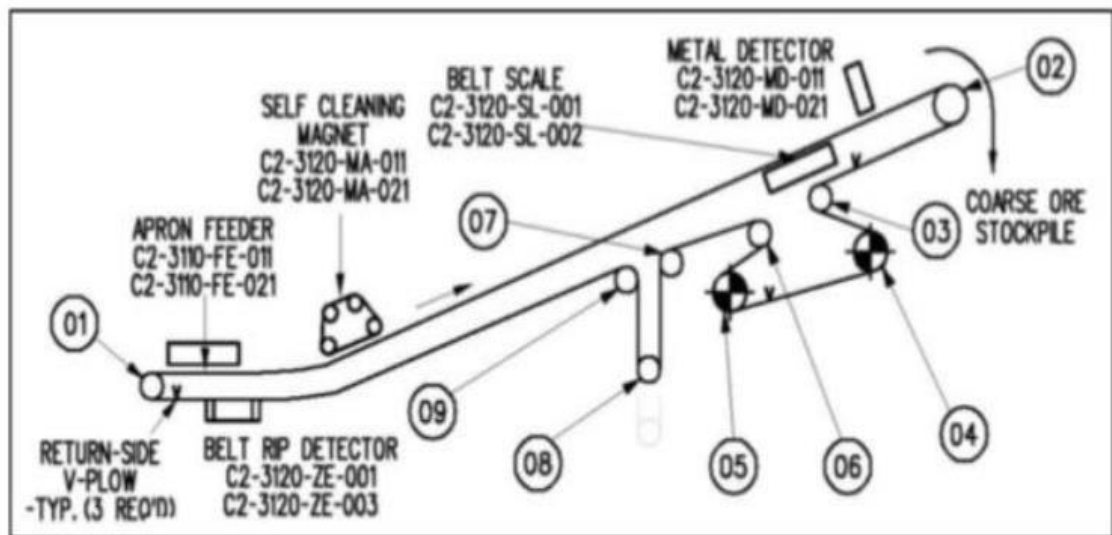


Figura N° 3. Faja transportadora N°12

Tabla N° 9. Chancadora secundaria MP1250 N°23

CODIGO EQUIPO:		CR023																																
ITEM	ACTIVIDADES	TIPO	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO										
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
1	CAMBIO DE TROMPO Y BOWL	PREVENTIVO	QUINCENAL																															
2	INSPECCION DEL SISTEMA HIDRAULICO	PREVENTIVO	QUINCENAL																															
3	CAMBIO DE CORREAS DEL SISTEMA DE TRANSMISION	PREVENTIVO	QUINCENAL																															
4	CAMBIO DE JACK SHAFT	PREVENTIVO	SEMESTRAL																															
5	TERMOGRAFIA	PREDICTIVO	MENSUAL																															
6	CHUMACERAS	PREDICTIVO	MENSUAL																															
7	TOMA DE VIBRACIONES FRAME Y CHUMACERAS	PREDICTIVO	MENSUAL																															
8	TOMA DE VIBRACIONES MOTOR MP1250	PREDICTIVO	MENSUAL																															
8	CAMBIO DE MAIN FRAME LINERS	PREVENTIVO	SEMESTRAL																															

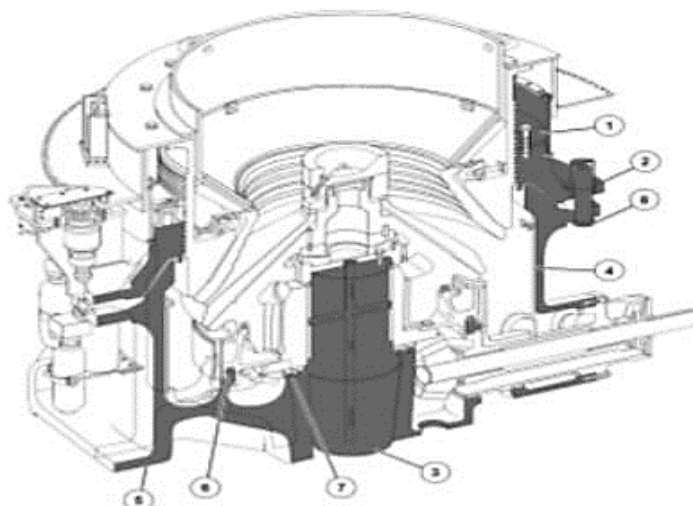


Figura N° 4. Partes de la Chancadora secundaria

Tabla N° 10. Chancadora secundaria MP1250 N°23

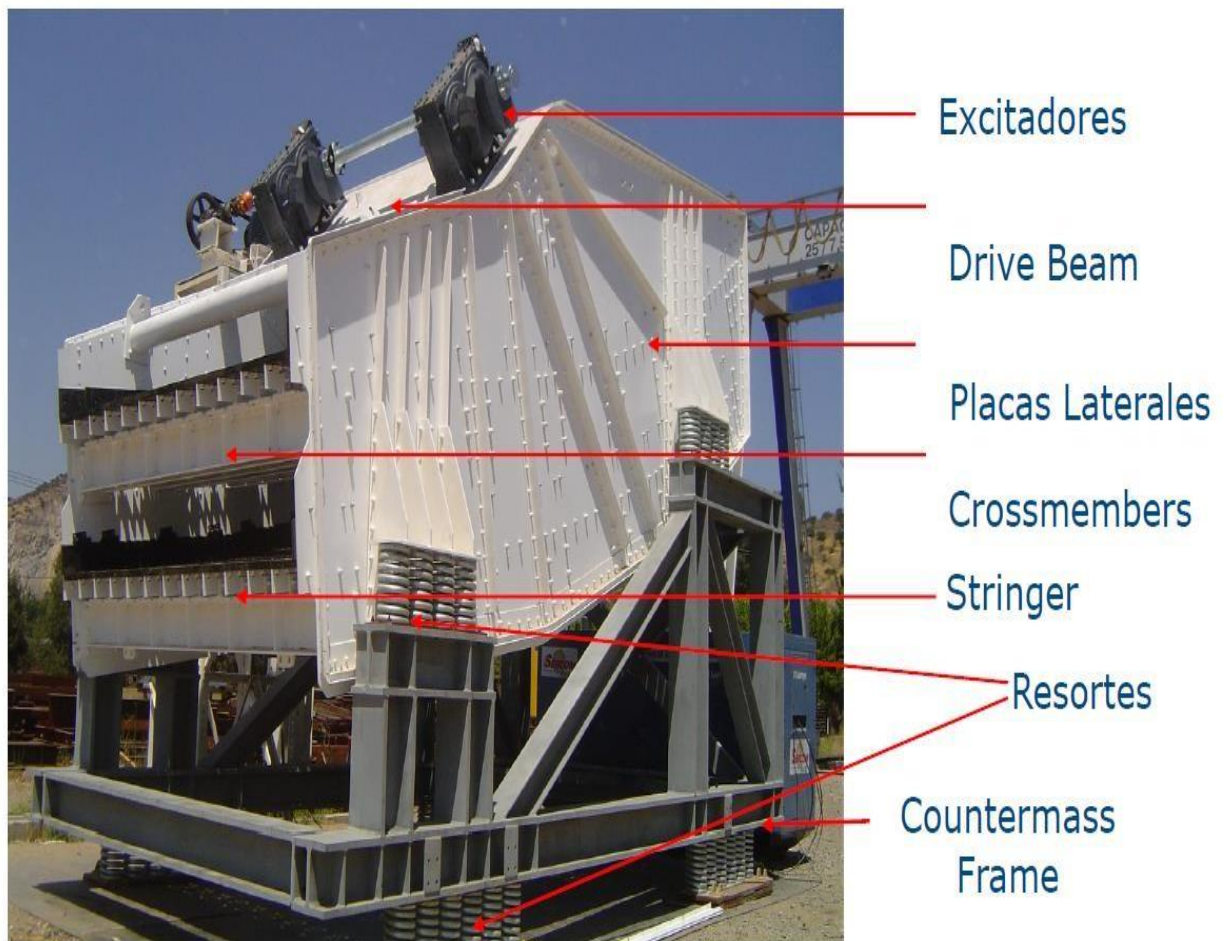
Referencia	Descripción	Referencia	Descripción
1	Abrazadera	5	Armazón principal
2	Aro de ajuste	6	Sello en U
3	Eje principal	7	Cojinete de empuje inferior
4	Revestimiento del armazón principal	8	Pasador del armazón principal

Tabla N° 11. Zaranda seca 3500 N°11

CODIGO EQUIPO:

SC011

ITEM	ACTIVIDADES	TIPO	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	CAMBIO DE LAY SHAFT	PREVENTIVO	SEMESTRAL																								
2	LUBRICACION A CHUMACERAS	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
3	CAMBIO DE ACEITE A EXCITADORES	PREVENTIVO	SEMESTRAL																								
4	CAMBIO DE MALLAS	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
5	TOMA DE VIBRACIONES A SISTEMA DE TRANSMISION	PREDICTIVO	MENSUAL																								
6	TOMA DE VIBRACIONES A ZARANDA	PREDICTIVO	MENSUAL																								
7	INSPECCION GENERAL DE ZARANDA	PREVENTIVO	SEMANAL																								
8	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS A FRAME	PREDICTIVO	MENSUAL																								



*Figura N° 5. Partes de zaranda seca 3500 N°11*

## **CAPÍTULO V: PROPUESTA DEL PLAN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO- PROACTIVO**

### **5.1 Análisis de las escalas de medición de mantenimiento correctivo y Proactivo**

El proceso relativo a los mantenimientos proactivos fueron llevados a cabo en el año 2018, aplicándose tanto los correctivos como los predictivos, es necesario mencionar que el año 2017 se realizaron basándose tomando en cuenta los mantenimientos preventivos.

La data informativa hallada es presentada a continuación (años 2017 y 2018), citando que se sustentan en procedimientos llevados a cabo con el mantenimiento proactivo, considerándolo como variable cualitativa de tipo dicotómica (Ausencia o Presencia), pero para su evaluación cuantitativa se recurrieron a escalas de medición tanto de mantenimientos predictivos y mantenimientos preventivos.



Tabla 12. Pruebas de normalidad Kolmogorov Smirnov

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mantenimiento CORRECTIVO	,279	96	,000	,773	96	,000
Mantenimiento PREVENTIVO PLANIF	,340	96	,000	,636	96	,000
Mantenimiento PREDICTIVO	,405	96	,000	,613	96	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

## 5.2 Evaluación del mantenimiento correctivo y proactivo

Teniendo como inicio el cuadro 13, se observa una ocurrencia de cero a ocho medidas correctivas respecto a los mantenimientos correctivos sin presencia de los proactivos (2017), dando a conocer como promedio 2 medidas semanalmente y una desviación estándar de 1.98.

Igualmente se observa que partiendo del cuadro 14, en el año 2018, se obtuvieron de de 0 a 2 medidas correctivas (presencia de mantenimientos proactivos), esto significa un promedio de 1.83 con una desviación estándar de 0.75, coincidiendo con el nivel de la mediana. Se llevaron a cabo las pruebas de la hipótesis correspondiente a este estudio.

**Tabla 13.** Estadísticos descriptivos sin presencia de las medidas proactivas

Estadísticos descriptivos: Mantenimiento CORRECTIVO									
Variable	Conteo		Media	Desv.Est.	Varianza	Suma	Mínimo	Mediana	Máximo
	total								
Mantenimiento CORRECTIVO	48		1.896	1.981	3.925	91.000	0.000	1.000	8.000
Variable	N para		Modo	moda	Asimetría	Curtosis			
	total								
Mantenimiento CORRECTIVO	1	15			1.23	1.14			

**Tabla 14.** Estadísticos descriptivos con presencia de las medidas proactivas

Estadísticos descriptivos: Mantenimiento PROACTIVO									
Variable	Conteo		Media	Desv.Est.	Varianza	Suma	Mínimo	Mediana	Máximo
	total								
Mantenimiento CORRECTIVO	48		0.833	0.753	0.567	40.000	0.000	1.000	2.000
Variable	N para		Modo	moda	Asimetría	Curtosis			
	total								
Mantenimiento CORRECTIVO	1	20			0.29	-1.16			

### 5.3 Matriz de consistencia

En los anexos se mostrarán unas tablas del año 2017 y 2018, sobre el mantenimiento proactivo y correctivo.

### 5.4 Objetivos del plan del mantenimiento proactivo deseado

- ✓ Disminuir las paradas de planta no programadas.
- ✓ Implementar el área de predictivo con personal especialista en análisis Vibracional y técnicas predictivas de mantenimiento, además de equipos de medición.

## 5.5 Situación deseada

Con la mejora del mantenimiento proactivo se disminuirá las fallas de equipos inesperadas, además, se tendrá implementada el área de predictivo y también la adquisición de nuevos equipos para determinar la condición actual de las maquinas estacionarias de planta.

***Tabla 15. Disponibilidad de planta 2017 y la proyectada 2018***

AÑO 2017	AÑO 2018
MANTENIMIENTO DE PLANTA SIN LA MEJORA	MANTENIMIENTO DE PLANTA CON LA MEJORA (PROYECTADO)
DISPONIBILIDAD DE PLANTA=92.46%	DISPONIBILIDAD DE PLANTA=92.91% (PROYECTADO)
INGRESOS=1293 MILL DOL (PROYECTADO)	INGRESOS=1300 MILL DOL



## Propuesta del nuevo plan de mantenimiento proactivo

En los siguientes cuadros se modifica el plan de actividades de mantenimiento proactivo con la finalidad de mejorar la disponibilidad de planta. En general se incrementa las horas hombres en monitoreo de los equipos con equipos de análisis Vibracional y el uso de técnicas predictivas; la mejora consiste en aumentar la frecuencia de monitoreo e implementar el área de predictivo.

### Plan de actividades propuestas en chancadora secundaria N°12

Tabla N° 16. Actividades planeadas de la faja transportadora N°12

CODIGO EQUIPO: CV012

ITEM	ACTIVIDADES	TIPO	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	EMPALMES DE LA FAJA	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
2	INSPECCION DE ESPESOR DE LA FAJA	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
3	LAGGING DE LAS POLEAS	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
4	TERMOGRAFIA DE LAS CHUMACERAS	PREDICTIVO	QUINCENAL																								
5	TOMA DE VIBRACIONES DE	PREDICTIVO	QUINCENAL																								
6	TERMOGRAFIA DE LOS REDUCTORES	PREDICTIVO	QUINCENAL																								
7	VIBRACIONES DE LOS REDUCTORES	PREDICTIVO	QUINCENAL																								
8	TOMA DE VIBRACIONES DE LOS LIVE ROLLS	PREDICTIVO	QUINCENAL																								

La frecuencia de monitoreo en las técnicas predictivas en la faja transportadora N°12 aumento de una vez al mes a quincenal debido a la criticidad uno de esta faja.

### Plan de actividades propuestas en chancadora secundaria N°23

Tabla N° 17. Chancadora secundaria MP1250 N°23

CODIGO EQUIPO:			CR023																								
ITEM	ACTIVIDADES	TIPO	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	CAMBIOS DE TROMPO Y BOWL	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
2	INSPECCION DEL SISTEMA HIDRAULICO	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
3	CAMBIO DE CORREAS DEL SISTEMA DE TRANSMISION	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
4	CAMBIO DE JACK SHAFT	PREVENTIVO	SEMESTRAL																								
5	CHUMACERAS	PREDICTIVO	MENSUAL																								
6	TOMA DE VIBRACIONES FRAME Y CHUMACERAS	PREDICTIVO	MENSUAL																								
7	TOMA DE VIBRACIONES MOTOR MP1250	PREDICTIVO	MENSUAL																								
8	CAMBIO DE MAIN FRAME LINNERS	PREVENTIVO	SEMESTRAL																								

La frecuencia de monitoreo en las técnicas predictivas en la chancadora secundaria aumento de una vez al mes a quincenal debido a la criticidad uno del equipo.

## Plan de actividades propuestas en zaranda seca N°11

Tabla N° 18. Chancadora secundaria MP1250 N°11

CODIGO EQUIPO:

SC011

ITEM	ACTIVIDADES	TIPO	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	CAMBIO DE LAY SHAFT	PREVENTIVO	SEMESTRAL																								
2	LUBRICACION A CHUMACERAS	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
3	CAMBIO DE ACEITE A EXCITADORES	PREVENTIVO	SEMESTRAL																								
4	CAMBIO DE MALLAS	PREVENTIVO	QUINCENAL																								
5	TOMA DE VIBRACIONES A SISTEMA DE TRANSMISION	PREDICTIVO	MENSUAL																								
6	TOMA DE VIBRACIONES A ZARANDA	PREDICTIVO	MENSUAL																								
7	INSPECCION GENERAL DE ZARANDA	PREVENTIVO	SEMANAL																								
8	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS A FRAME	PREDICTIVO	MENSUAL																								

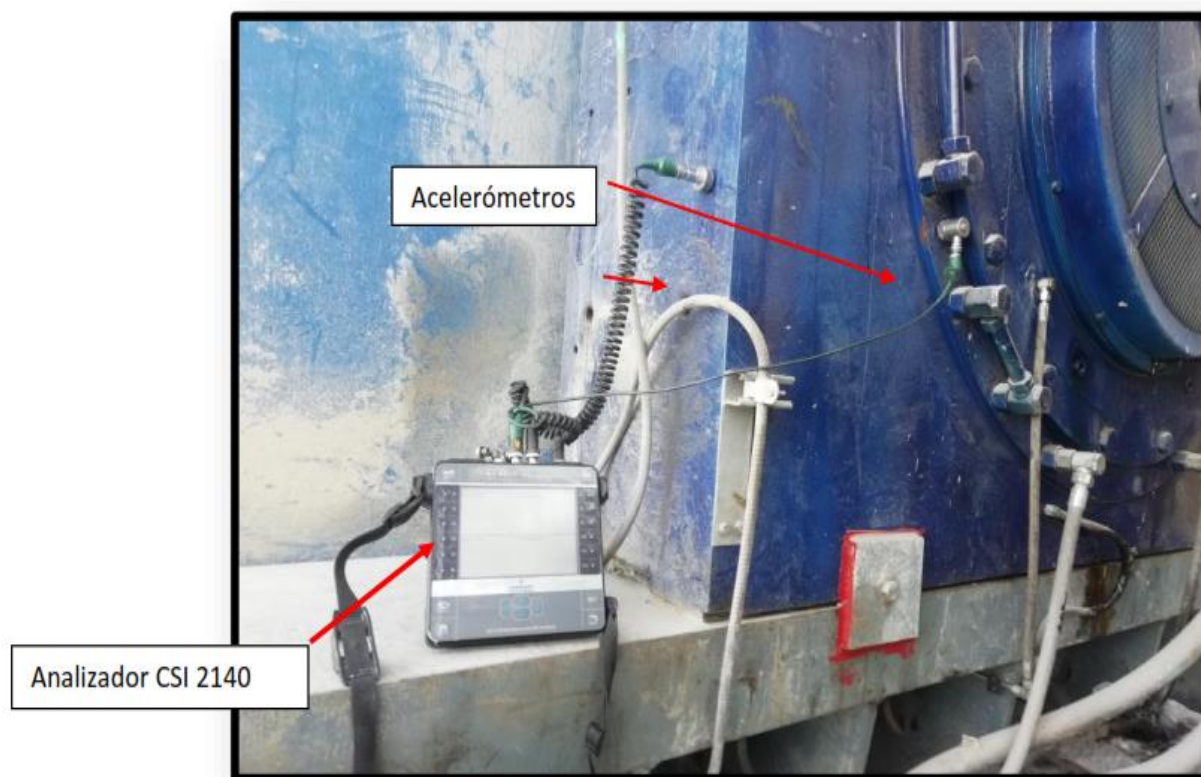
La frecuencia de monitoreo en las técnicas predictivas en la zaranda seca aumento de una vez al mes a quincenal debido a la criticidad uno del equipo.

### 5.6 Implementación del área de Predictivo

Actualmente se tiene 3 analistas de mantenimiento predictivo que generan una disponibilidad de planta de 92.46%, con la mejora se tendría que contratar 2 analistas más; por lo tanto, el costo sería el siguiente:

**Tabla 19.** Evolución de disponibilidad de planta.

EVOLUCIÓN EN LA DISPONIBILIDAD DE PLANTA		
AÑO	CANTIDAD DE ANALISTAS	DISPONIBILIDAD DE PLANTA
2016	1	92.10%
2017	3	92.46%
2018 (PROYECTADO)	5	92.91%



*Figura N°6. Toma de vibraciones HPGR*

**Tabla 20.** Costo total de la implementación del área de predictivo.

Implementación del área de predictivo									
Personal	Sueldo (S/.)	Cantidad de equipos	Marca	Modelo	Precio (S/.)	Cámara Termografica	Modelo	Precio (S/.)	Total (S/.)
1	77000	1	Emerson	CSI 2140	97800	1	E6	19500	S/.194,300.00
1	77000	2	Emerson	CSI 2141	97800	2	E7	19500	S/.194,300.00
2	154000	3	0	0	195600	3	0	39000	S/.388,600.00

La implementación en el área de predictivo es de S/. 388,600.00 soles; si analizamos el costo- beneficio es viable debido a que la nueva disponibilidad de planta nos daría un ingreso adicional de 7 millones de dólares.

### 5.7 Secuencia de la mejora del plan de mantenimiento proactivo

Para determinar la mejora se tiene que realizar los siguientes pasos:

**Tabla 21.** *Secuencia de mejora mantenimiento proactivo*

ITEM	SECUENCIA PARA DETERMINAR LA MEJORA DEL MANTENIMIENTO PROACTIVO	RESULTADO
1	Primero realizar pruebas de normalidad de Kolmogorov -Smirnov	Nivel de significancia=0
2	Con el nivel de significancia determinamos que es viable el mantenimiento proactivo	Hipotesis alternativa
3	Con el número de mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos determinamos el maximo, minimo y la desviacion estandar para determinar la cantidad de mantenimientos por semana	Con la mejora se disminuyo de 2 a 1 mantenimiento correctivo por semana
4	Con el numero de horas determinamos la disponibilidad de planta	Con la mejora la disponibilidad de planta aumentaria a 0.45% lo que equivales a 7 MLL DOL aprox.
5	Mejorar el plan de actividades del mantenimiento proactivo	Mejor monitoreo de equipos mecánicos
6	Implentación del área de predictivo	Disminuir la cantidad de mantenimientos correctivos



## CAPÍTULO VI: EVALUACION DEL PLAN PROPUESTO

### 6.1 Mantenimiento proactivo como solución frente al correctivo

Después de realizar las pruebas de normalidad de Kolmogorov Smirnov y además la contrastación de hipótesis, donde dio como resultado y viable la aplicación de la hipótesis alternativa donde el mantenimiento proactivo ayuda a tener menos paradas de planta y mejor disponibilidad de equipos que ayudan en aumentar la producción y eficiencia en la empresa.

### 6.2 Disponibilidad de planta

El objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

***Cuadro 22. Disponibilidad de planta sin la mejora***

<b>DISPONIBILIDAD=</b>	<b>92.46%</b>
<b>HORAS TOTATES=</b>	<b>8064</b>
<b>HORAS PARADA=</b>	<b>608</b>

***Cuadro 23. Disponibilidad de planta con la mejora***

<b>DISPONIBILIDAD=</b>	<b>92.91%</b>
<b>HORAS TOTATES=</b>	<b>8064</b>
<b>HORAS PARADA=</b>	<b>572</b>

### **6.3 Costos variables y fijos de mantenimiento**

#### **6.3.1 Costos variables**

Son aquellos que tienden a variar en proporción directa con el nivel de actividad de nuestro Departamento de Mantenimiento; por ejemplo, los costes de consumos de aceites, aunque estos costes variables serán fijos por unidad de producto.



*Tabla 24. Costos en mantenimiento*

COSTOS VARIABLES	
ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Aceite
2	Acero en planchas
3	Insumos directos
4	Materiales generales

### 6.3.2 Costos fijos

Serán aquellos que no varían con relación al nivel de producción durante un determinado período; por ejemplo, el sueldo del jefe de mantenimiento

*Tabla 25. Costos en mantenimiento fijo*

COSTOS FIJOS	
ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Salarios administrativos
2	Energía
3	Personal de vigilancia
4	Transporte
5	Alquileres

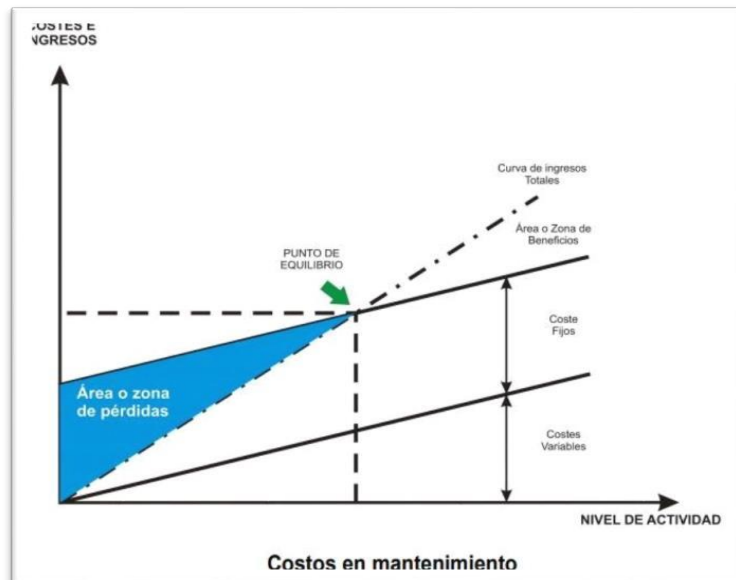


Figura N°7. Cuadro de costos

#### 6.4 Resultados de costos de mantenimiento correctivo y proactivo

COSTO DE MANTENIMIENTO 2017 (MILL DOLARES)	
	<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>
<b>INGRESOS=</b>	<b>1293</b>
<b>COSTO FIJO=</b>	<b>600</b>
<b>COSTO VARIABLE=</b>	<b>200</b>



Figura N°8. Costo de Mantenimiento Correctivo

COSTO DE MANTENIMIENTO 2018 (MILL DOLARES)	
	<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>
<b>INGRESOS=</b>	<b>1300</b>
<b>COSTO FIJO=</b>	<b>601</b>
<b>COSTO VARIABLE=</b>	<b>201</b>



*Figura N°9. Costo de Mantenimiento Proactivo*

Como se puede observar tendremos una diferencia de 7 Millones de dólares, de las cuales 2 Millones de dólares serán para la implementación del Mantenimiento Proactivo, en especial el área de Predictivo en el 1er Año y el en 2do año solo se realizará el pago de ½ Millón de dólares en gastos administrativos y 6.5 millones más de ingresos. \*Se sugiere IMPLEMENTAR EL ÁREA DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN CUANTO A PERSONAL, EQUIPOS, MATERIALES Y CAPACITACION DE ALTA COMPLEJIDAD PARA ANALISIS.

## **CONCLUSIONES**

- ✓ Con la implantación del mantenimiento proactivo, se aumentaría la disponibilidad de planta en un 0.45% que equivale aproximadamente a 7 millones de dólares.
- ✓ La implementación de esta área tendría como resultado la anticipación de que los equipos de planta fallen inesperadamente, se planifique y se haga los previos para disminuir las paradas de planta programadas.
- ✓ El resultado final de esta mejora es la reducir las paradas de planta no programadas.

## **RECOMENDACIONES**

- ✓ Con el ahorro estimado se podría solventar la adquisición de nuevos equipos para el área de predictivo y además capacitar y contratar personal especialista para esta área con la finalidad de dar soporte a la planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ DIAZ DOMINGUES SANCHEZ, (2014). UF1965 - Operaciones auxiliares en el mantenimiento de equipos eléctricos. España: ELEARNING S.L
- ✓ RAMOS LAURO FLORES, (2014). Administración Estratégica para Mantenimiento. Mexico.
- ✓ JACINTO DIAZ MARCILLA & JESUS ENRIQUE DIAZ, (2012). ORGANIZACION CONTROL MANTENIMIENTO INSTALACIONES SOLARES. España. Ediciones Paninfo S.A.
- ✓ SILVA BURGA JORGE ENRIQUE, (2005, agosto 20). Implementación del TPM en la zona de enderezadoras de aceros Arequipa obtenido de [https://pirhua udep.edu.pe/bitstream/handle./11042/1263/ING\\_437.pdf](https://pirhua udep.edu.pe/bitstream/handle./11042/1263/ING_437.pdf).
- ✓ MOSCOSO JACOME RONAL ELICIO, (2017). Programa de control del mantenimiento proactivo y correctivo en equipos mecánicos del transporte de hidrocarburos en el ecuador obtenido de <https://industrial.unmsm.edu.pe/upg/archivos/TESIS2018/DOCTORADO/tesis8>.
- ✓ RENOVETEC, (2013). Mantenimiento Predictivo obtenido de <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/19-mantenimiento-predictivo>